

Pembuatan Portabel Energi Berbasis Panel Surya Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif Saat Darurat Bencana untuk Badan Penanggulangan Bencana Daerah Yogyakarta (BPBD DIY)

Muhammad Wahyu Fauzi¹⁾, Moch. Lukman Ariansyah²⁾, Elvira Sukma Wahyuni³⁾*, Husein Mubarok⁴⁾

^{1,2,3,4)} Teknik Elektro Universitas Islam Indonesia
Jalan Kaliurang Km 14,5 Yogyakarta, Indonesia

Email: elvira.wahyuni@uii.ac.id

ABSTRAK

Bencana alam cukup sering terjadi di wilayah Indonesia misalnya saja bencana letusan gunung, tsunami, gempa bumi, dan banjir, hal tersebut dikarenakan wilayah Indonesia berada di antara tiga lempeng tektonik dunia (Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik). Bencana yang sering terjadi menyebabkan kerugian materi misalnya kerusakan bangunan serta menghambat pasokan kebutuhan sandang, pangan dan salah satu kebutuhan primer contohnya kebutuhan energi listrik. Terhambatnya kebutuhan energi listrik pasca bencana alam menyebabkan mobilitas masyarakat terganggu misalnya karena terbatasnya penerangan pada malam hari. Sistem energi portabel yang telah dirancang terbukti cukup efektif untuk menyuplai pasokan energi listrik pada pengungsian korban bencana alam. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa energi portabel dapat menghasilkan energi sebesar 720Wh dengan skema beban penggunaan lima lampu LED 10Watt yang beroperasi selama 12 jam/hari dan tiga charger station beroperasi selama 4 jam/hari. Pada pengujian pengisian daya menggunakan panel surya dengan 120Wp alat dapat terisi penuh selama 9 jam, namun jika cuaca kurang mendukung saat pengisian misalnya terjadi mendung, maka solar panel tidak dapat menghasilkan daya secara maksimal dan mengakibatkan daya yang terisi pada baterai kurang optimal. Energi portabel dapat berdampak positif bagi sosial dan lingkungan. Dampak positif pada bidang sosial, sistem alat ini dapat membantu mobilitas masyarakat yang terkena bencana khususnya pada penggunaan listrik, karena dapat memberikan suplai daya listrik sementara hingga pasokan listrik ke wilayah terkena bencana dapat beroperasi secara normal.

Kata kunci: Darurat Bencana, Portabel energi, Panel Surya, Energi Terbarukan

ABSTRACT

Natural disasters are quite common in Indonesia, such as volcanic eruptions, tsunamis, earthquakes, and floods, this is because Indonesia is located between the three tectonic plates of the world (Indo-Australia, Eurasia and the Pacific). Disasters that often occur cause material losses such as damage to buildings and hamper the supply of primary needs, for example the need for electrical energy. The delay in the need for electrical energy after a natural disaster has caused the mobility of the community to be disrupted, for example lighting. The portable energy system that has been designed has proven to be quite effective in supplying electrical energy for the evacuation of victims of natural disasters. The test results show that portable energy can produce energy of 720Wh with a load scheme of using five 10Watt LED lights that operate for 12 hours/day and three charger stations operating for 4 hours/day. In the charging test using a solar panel with 120 Wp the device can be fully charged for 9 hours, but if the weather is cloudy, the solar panel cannot produce maximum power and results in less than optimal battery charge. Portable energy can have positive social and environmental impacts. Positive impact on the social sector, because it can provide a temporary supply of electrical power so that the electricity supply to the affected areas can operate normally.

Keywords: Disaster Emergency, Portable energy, Solar Cell, Renewable Energy

1. Pendahuluan

Indonesia merupakan salah satu negara yang memiliki tingkat kerawanan terhadap bencana alam. Hal ini disebabkan oleh letak geografis Indonesia yang menjadi tempat bertemunya tiga lempeng tektonik terbesar dunia (Indo-Australia, Eurasia dan Pasifik), dan secara vulkanis sebagai jalur gunung api aktif yang dikenal dengan cincin api pasifik. Hal tersebut membuat Indonesia sering mengalami bencana alam. Aktivitas patahan dan gunung api di Indonesia selain memberikan banyak Manfaat termasuk kesuburan tanah, juga memberikan risiko terhadap beberapa jenis bencana (Amri et al., 2016). Faktor geologis tersebut menyebabkan Indonesia rentan terhadap letusan gunung berapi, gempa bumi, dan tsunami.

Dari aspek iklim, sebagai negara tropis, Indonesia memiliki kerentanan tinggi terhadap ancaman banjir, tanah longsor, dan wabah penyakit. Aspek sosial demografis juga sangat berperan meningkatkan kerentanan terhadap bencana. Pertama, keragaman budaya, etnis, serta agama, di satu sisi menjadi kekayaan, namun disisi lain menjadi potensi bencana jika tidak dikelola dengan baik, karena bisa mengarah pada bencana sosial. Kedua, kesenjangan perekonomian yang sangat tinggi serta tidak meratanya akses kepada berbagai sumber daya hidup memaksa banyak kelompok masyarakat hidup di daerah yang sangat rentan bencana, seperti wilayah perbukitan, bantaran sungai, pembuangan limbah, atau wilayah kumuh perkotaan lainnya. Mereka yang tidak memiliki akses terhadap pemukiman yang layak tersebut biasanya juga tidak memiliki akses terhadap kebutuhan dasar lainnya, sehingga kemampuannya bertahan dalam kondisi bencana menjadi sangat lemah (Nazaruddin, 2017). Pada saat bencana alam terjadi kebutuhan utama yang diperlukan saat proses evakuasi dan pengungsian adalah sandang, papan dan pangan termasuk pasokan energi listrik. Pasokan energi listrik memiliki peran yang sangat penting saat bencana, karena akan memudahkan saat evakuasi.

Sebagian besar kebutuhan listrik di seluruh wilayah Indonesia di supply oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN)(Adam, 2016). Beberapa kejadian bencana yang menyebabkan terhentinya aliran listrik dari PLN mengharuskan masyarakat bertahan di barak pengungsian dalam keadaan tanpa penerangan. Beberapa solusi yang biasa digunakan untuk mengalirkan listrik pasca bencana adalah dengan memanfaatkan mesin diesel atau mesin pemacu kompresi, namun permasalahan lain yang muncul adalah bahan bakar minyak bumi seperti solar dan bensin yang pada umumnya digunakan sebagai bahan bakar diesel pada saat bencana akan menjadi langka dikarenakan putusnya rantai pasok. Sehingga pemanfaatan mesin diesel sebagai sumber listrik alternatif sangat tergantung pada ketersediaan bahan bakar habis pakai.

Beberapa fakta diatas juga menyadarkan kita bahwa kita membutuhkan sumber energi baru dan terbarukan sebagai alternatif agar tidak bergantung pada bahan bakar yang tidak dapat diperbarui. Sumber energi yang habis pakai adalah bahan bakar fosil atau seperti minyak bumi, batu bara, dan gas alam. Sumber energi tersebut lambat laun akan berkurang bahkan habis karena sifatnya sekali pakai dan tidak bisa diperbanyak baik secara alamiah maupun buatan. Sehingga sifat ketergantungan terhadap sumber energi fosil perlu dikurangi dengan mengalihkan ke energi terbarukan. Air, angin, dan panas matahari merupakan sumber energi terbarukan, sifatnya yang tidak habis dan dapat dimanfaatkan sebesar-besarnya menjadi keuntungan tersendiri dibandingkan sumber energi fosil (Setyono & Kiono, 2021). Selain itu, Indonesia termasuk negara tropis yang kaya sumber daya air, angin, dan panas matahari yang cukup. Pemanfaatan energi terbarukan sebagai sumber energi listrik merupakan salah satu solusi saat kondisi darurat seperti pasca bencana, dimana disaat aliran listrik PLN dan rantai pasok bahan bakar fosil terhenti akibat wilayah yang terkena bencana menjadi terisolasi. Permasalahan ini juga dihadapi oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD DIY), BPBD DIY sebagai ujung tombak penanggulangan bencana di Yogyakarta sering sekali menemui kendala ketika proses evakuasi korban bencana dikarenakan sumber energi listrik yang terputus.

2. Tinjauan Pustaka

Indonesia mempunyai intensitas radiasi yang berpotensi untuk membangkitkan energi listrik, dengan rata-rata daya radiasi matahari di Indonesia sebesar 10000 Watt/m². Nusa Tenggara Barat dan Papua mempunyai intensitas radiasi matahari paling tinggi di seluruh wilayah Indonesia, sedangkan Bogor mempunyai intensitas radiasi matahari paling rendah di seluruh wilayah Indonesia. Indonesia memiliki keuntungan secara geografis karena terletak di daerah tropis dan dilewati oleh garis khatulistiwa dimana intensitas radiasinya lebih tinggi dibandingkan daerah lain yaitu sebesar 4,66 – 5,54 kWh/m² per hari hal ini termasuk yang paling baik untuk dimanfaatkan sebagai PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) baik skala kecil, menengah maupun menengah keatas (Ramadhan et al., 2020).

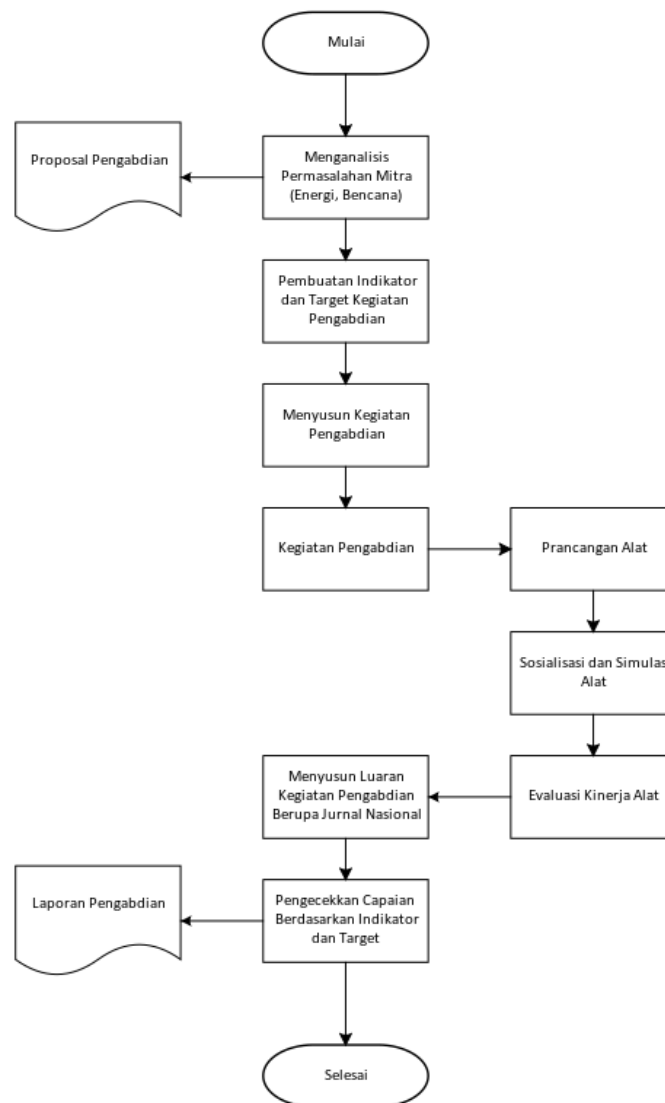
Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) merupakan solusi terbaik dalam memenuhi pasokan listrik yang terhambat ketika terjadi bencana alam, sebab ketika bencana alam terjadi, semua pasokan bahan bakar minyak (BBM) akan terhambat untuk sampai ke lokasi terjadinya bencana. Pemanfaatan PLTS dapat memenuhi pasokan listrik, mengingat sistem ini hanya memanfaatkan sinar dan panas matahari yang bersifat *renewable energy*. Energi listrik yang dihasilkan dapat digunakan oleh pengungsi dan tim SAR (*Search and Rescue*) saat terjadi bencana alam. Program ini juga sejalan dengan analisis prakiraan kebutuhan energi nasional jangka panjang untuk mendukung program peta jalan transisi energi menuju karbon netral (Yudiartono et al., 2022).

Sejak tahun 2017 tim pengabdian telah aktif mengembangkan riset dalam tema sumber energi terbarukan, beberapa hasil riset tim peneliti telah diaplikasikan untuk membantu menghadirkan sumber energi alternatif berbasis panel surya di Gedung KH Mas Mansyur FTI UII, yang kemudian meraih penghargaan Subroto bidang inovasi energi oleh Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). Tim juga pernah mendapatkan hibah penelitian internal DPPM untuk proposal yang bertemakan sosialisasi desa mandiri energi berbasis panel surya untuk rumah tangga pada tahun 2018 (Sukma Wahyuni et al., 2020). Hasil yang ingin dicapai melalui program pengabdian ini adalah dihasilkannya sebuah inovasi teknologi *portable energy* berbasis *photo voltaic* yang dapat dimanfaatkan dalam kondisi darurat seperti bencana.

Perancangan sumber energi alternatif untuk keadaan bencana telah diusulkan oleh beberapa penelitian diantaranya, (Ramadhan, 2021) yaitu perancangan sumber listrik portabel untuk proses pencarian korban bencana, sumber energi yang digunakan adalah pembangkit listrik tenaga surya dan angin. Berikutnya penelitian (Ikhsan et al., 2023) yaitu perancangan sumber energi surya sebagai energi alternatif pasca bencana, pada penelitian ini di analisis potensi energi dan perhitungan faktor geometri. Selanjutnya penelitian yang dilakukan oleh (Lesmana et al., 2019) yaitu pembuatan tenda pintar bertenaga surya untuk solusi penyediaan energi listrik bagi korban bencana.

3. Metodologi Pelaksanaan

Tahapan kegiatan pengabdian yang diusulkan dijelaskan melalui diagram alir pengabdian pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Pengabdian

Tahapan pertama yaitu analisis situasi mitra yang berhubungan dengan teknologi inovasi *portable energy* berbasis *photo voltaic*. Pada pengabdian ini tim pengabdian memilih BPBD DIY, alasan pemilihannya adalah karena tim pengabdian merasa inovasi teknologi ini dapat memudahkan kegiatan BPBD DIY dalam penanggulangan bencana dalam pemenuhan kebutuhan listrik yang memadai. Tahapan kedua melakukan korespondensi dengan pihak BPBD DIY mengenai kegiatan pengabdian yang diusulkan. Hasil diskusi tim pengabdian dengan mitra terkait solusi permasalahan yang diangkat dituangkan dalam beberapa kegiatan pengabdian berikut:

1) Perancangan alat *portable energy* berbasis *photo voltaic*

Dalam merancang sebuah alat energi portabel ini, tim pengabdian mempertimbangkan dari sisi kegunaan dan fungsi. Alat energi portabel ini digunakan untuk *backup* energi listrik ketika suatu wilayah mengalami bencana alam. Spesifikasi yang dimiliki alat ini meliputi:

- Kapasitas Daya

Alat energi portabel memiliki kapasitas daya sebesar 400Watt, dimana dengan besar kapasitas yang dimiliki tersebut mampu dipergunakan untuk penerangan selama 12 jam/hari dan *charger station* 4 jam/hari. Untuk penerangan tim mengasumsikan menggunakan 3 buah lampu LED

10Watt yang dinyalakan selama 12 jam. kemudian untuk *charger station* tim merencanakan 10Watt dengan rentang waktu penggunaan selama 4 jam.

▪ Fitur Utama

Alat energi portabel menggunakan panel surya (*solar panel*) 2 Buah sebesar 50 WP sebagai sumber utama penghasil energi, baterai berkapasitas 800 Wh dengan 66 buah (3 Seri, 22 Parallel) sebagai penampung/penyimpan energi, menggunakan MCB AC C10 dan DC C10 sebagai pengaman rangkaian jika ada konsleting, *Solar Charge Controller* 10A sebagai pengatur tegangan dan arus masuk dari solar panel yang akan diteruskan ke baterai, inverter 500Watt sebagai pengubah tegangan dan arus DC ke AC.

▪ Perhitungan Kebutuhan Daya

Pada sistem energi portabel ini kita memiliki skema dalam penggunaan daya yang akan dikonsumsi. Skema tersebut nantinya akan menjadi acuan berapa kebutuhan daya yang akan diperlukan. Berikut adalah skema konsumsi kebutuhan daya.

▪ Konsumsi Daya

Penerangan : 2 Lampu LED 10Watt dengan penggunaan 12 jam/hari (2 x 10 x 12 = 240Wh/day).
Charger Station : 10 watt dengan penggunaan 4 jam/hari (10 x 4 = 40Wh/day). Dengan skema diatas maka kebutuhan daya yang akan terpenuhi dalam sistem energi portabel ini berkisar 280Wh/day. Kemudian terdapat penambahan daya total sebesar 40 % untuk mengantisipasi rugi - rugi daya yang terjadi. Daya total yang diperlukan menjadi 392Wh.

▪ Kebutuhan Solar Panel

Solar panel pada umumnya dapat menerima panas dan sinar matahari yang dikonversi menjadi daya listrik secara optimal pada jam 09.00 Am - 14.00 Pm. Dengan waktu tersebut kita dapat menentukan berapa kebutuhan solar panel yang akan digunakan dengan menggunakan rumus (kebutuhan daya total : waktu). Panel Surya = 392 Wh : 5 jam = 78,4Watt Peak Panel surya yang akan digunakan memiliki daya maksimum 40Wp, dengan hasil perhitungan diatas dapat disimpulkan menggunakan 2 buah solar panel sebesar 40Wp.

▪ Kebutuhan Baterai

Baterai yang digunakan pada sistem ini ialah baterai *li Ion* yang memiliki DoD (*Depth of Discharge*) berkisar 80 % - 100 % dengan jumlah baterai sebagai berikut : Jumlah baterai = daya total : kapasitas baterai = 392 : (3,7 V x 2100 mAh) = 50,45 (Jumlah baterai dibulatkan menjadi 50 buah sel baterai *li Ion*)

2) Sosialisasi dan Simulasi

Sosialisasi dan Simulasi alat *portable energy* berbasis *photo voltaic*, pada kegiatan ini dilakukan sosialisasi cara penggunaan dan simulasi secara langsung penggunaan alat.

3) Evaluasi Kinerja alat

Pada kegiatan ini akan di catat hasil kinerja alat yang kemudian datanya diolah sedemikian rupa sehingga tim pengabdian dapat melakukan penilaian secara objektif terkait efektivitas dan efisiensi penggunaan alat. Beberapa parameter yang akan dievaluasi sebagai berikut:

▪ Analisis waktu pengisian baterai

Untuk persamaan yang digunakan dalam perhitungan lama waktu pengisian ditunjukkan pada (1).

$$t = \frac{E}{P} \quad (1)$$

Keterangan:

t : Waktu pengisian baterai (h)

E : Energi pada baterai (Wh)

P : Daya input (W)

▪ Perhitungan efisiensi

Berikut adalah persamaan yang digunakan untuk perhitungan nilai efisiensi pada (2).

$$\eta_p = \frac{p_{max}}{I \times A} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

η_p :Efisiensi panel surya

P_{max} :Daya maksimal panel surya (Wp)

I :Standar test conditions (STC), di Indonesia

1000 W/m² A :Luas penampang panel surya (m²)

▪ Perhitungan lama waktu pengisian menggunakan *converter*

Persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung lama waktu pengisian menggunakan *converter* dapat ditunjukkan pada (3).

$$t = \frac{C_{baterai}}{I} \quad (3)$$

Keterangan:

t : Waktu pengisian baterai (h)

$C_{baterai}$: Kapasitas baterai (Ah)

I : Arus *charging* (A)

▪ Analisis *discharge* baterai

Persamaan yang digunakan untuk menghitung *discharge* baterai dengan beban dapat ditunjukkan pada (4).

$$t = \frac{E}{P} \quad (4)$$

Keterangan:

t : Waktu ketahanan kapasitas baterai (h)

E : Energi pada baterai (Wh)

P : Daya beban (W)

4. Hasil dan Pembahasan

1) Pembuatan Alat

Berikut beberapa dokumentasi proses pembuatan alat, ditunjukkan pada Gambar 2-3.



Gambar 2. Perakitan Alat



Gambar 3. Alat yang sudah siap dirakit

2) Hasil Pengujian Pengisian Daya pada Baterai Menggunakan Panel Surya

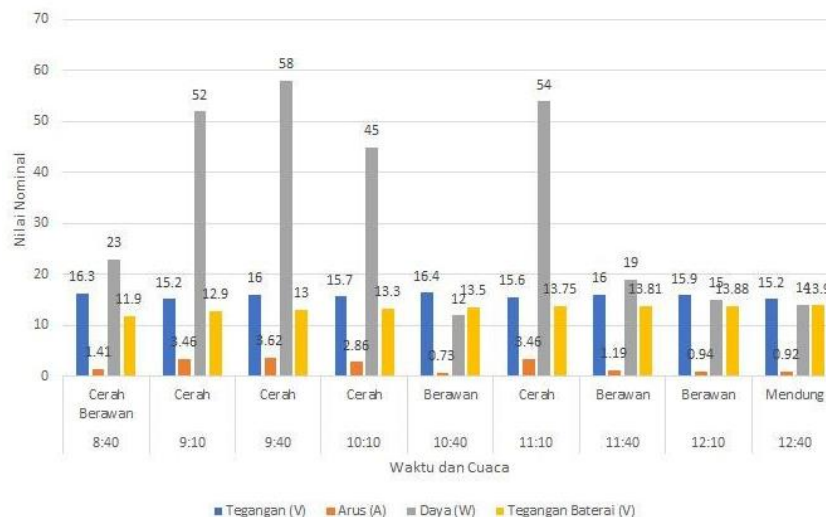
Pengujian pengisian daya pada baterai dari panel surya bertujuan untuk mengetahui seberapa optimal sistem *portable* energi ketika melakukan pengisian menggunakan panel surya. Hal ini dikarenakan panel surya sebagai sumber penghasil energi utama pada sistem *portable* energi. Hal ini sejalan dengan penelitian (Prasetyo, 2018) yang mengemukakan adanya pengaruh Performa panel surya oleh intensitas matahari, temperatur permukaan, dan sudut pengarah.

Tabel 1. Hasil Pengujian Daya Baterai dari Panel Surya

Jam	Cuaca	Output Panel Surya			Baterai
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)
8.40	Cerah Berawan	16,3	1,41	23	11,9
8.50	Cerah Berawan	15,8	2,21	35	12,4
9.00	Cerah	16,8	3,57	60	12,7
9.10	Cerah	15,2	3,46	52	12,9
9.20	Cerah berawan	15	2,2	33	12,9
9.30	Berawan	16,8	0,83	14	12,9
9.40	Cerah	16	3,62	58	13
9.50	Cerah	15,4	2,98	46	13
10.00	Cerah	17,1	3,04	52	13,2
10.10	Cerah	15,7	2,86	45	13,3
10.20	Cerah	15,4	3,44	53	13,4

Jam	Cuaca	Output Panel Surya			Baterai
		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	Tegangan (V)
10.30	Cerah	15,7	4,07	64	13,5
10.40	Berawan	16,4	0,73	12	13,5
10.50	Cerah	16,2	4,38	71	13,66
11.00	Cerah	15,6	3,59	56	13,72
11.10	Cerah	15,6	3,46	54	13,75
11.20	Cerah	16,6	2,83	47	13,80
11.30	Berawan	15,2	1,05	16	13,80
11.40	Berawan	16	1,19	19	13,81
11.50	Cerah	17,1	2,63	45	13,85
12.00	Berawan	16	1,87	30	13,88
12.10	Berawan	15,9	0,94	15	13,88
12.20	Berawan	15,8	0,88	14	13,89
12.30	Mendung	17,4	0,91	16	13,89
12.40	Mendung	15,2	0,92	14	13,9
13.10	Mendung	16,2	0,49	8	13,9
13.35	Mendung	16,1	0,43	7	13,9
13.55	Mendung	15,4	0,52	8	13,91

Pada Tabel 1 berisikan hasil pengujian pengisian daya baterai menggunakan panel surya, pada tabel tersebut berisikan 28 sampel data. Pada tabel tersebut menggambarkan bahwasanya faktor cuaca sangat berpengaruh terhadap tegangan, arus, dan daya yang diperoleh oleh panel surya. Hal tersebut pula yang menjadi faktor kecepatan dalam melakukan pengisian daya pada baterai. Selain itu dapat dilihat gambar grafik yang diperoleh dari hasil pengisian daya menggunakan panel surya.



Gambar 4. Grafik Pengisian Daya dari Panel Surya

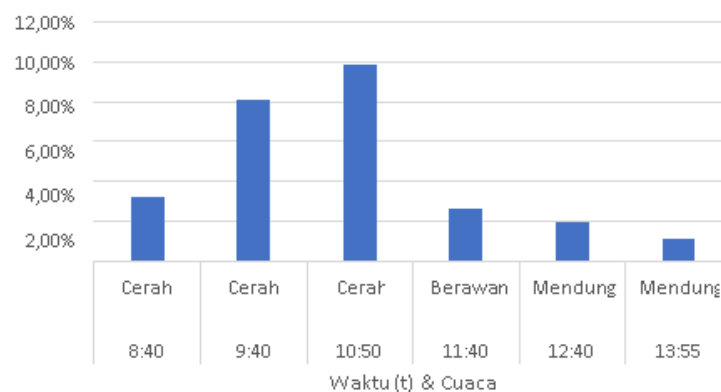
Pada Gambar 4 berisikan grafik pengisian daya dari panel surya. Pada grafik tersebut menampilkan data pengisian daya dengan kelipatan 30 menit. hal yang menjadi faktor utama ketika melakukan pengisian daya adalah cuaca. ketika cuaca cerah, daya yang diterima oleh panel surya sangat tinggi begitu pula sebaliknya. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan dalam pengisian energi pada baterai. Baterai yang digunakan memiliki kapasitas yaitu lifePo4 12V/75Ah, menggunakan empat cell baterai yang terpasang secara seri dengan masing-masing tegangan nominalnya 3,2V. Lama waktu yang dibutuhkan dalam pengisian baterai menggunakan panel surya tergantung dengan berbagai macam faktor, salah satunya yaitu faktor cuaca yang tidak menentu dan dapat menyebabkan daya yang dikonversi oleh panel surya tidak stabil.

Dari hasil pengujian diatas dengan tegangan awal baterai 11,9V sampai dengan 13,91 memerlukan waktu 5 jam 15 menit dengan rata - rata daya yang dihasilkan oleh panel surya sebesar 34,51W, Maka besar energi yang dihasilkan 172,55 Wh. Jika menurut perhitungan, dengan baterai yang memiliki kapasitas 12V/75Ah energi yang dapat dihasilkan 900Wh. Kemudian dilakukan pengisian dengan panel surya 120Wp, maka lama pengisian energi pada baterai membutuhkan waktu 7 jam 30 menit jika kondisi cuaca dalam keadaan cerah sehingga penerimaan energi dari panel surya menjadi lebih optimal.

Berdasarkan gambar grafik tersebut, hal yang paling mempengaruhi tegangan, arus, dan daya yang dihasilkan adalah cuaca. Cuaca menjadi faktor penting, hal ini dikarenakan panel surya dapat bekerja maksimal ketika menerima sinar matahari tanpa ada halangan apapun termasuk awan. Tegangan baterai akan terus bertambah ketika mendapatkan pasokan energi listrik dari panel surya dan akan berhenti ketika mencapai batas atas yaitu 14Volt.

Pengujian pengisian energi baterai dengan panel surya ini menggunakan jenis *monocrystalline* yang memiliki efisiensi cukup tinggi dalam mengkonversi dan menghantarkan daya. Pada umumnya panel surya dengan jenis ini memiliki nilai efisiensi antara 15% - 20% cukup besar dibandingkan jenis *polycrystalline* (Purwoto et al., 2018). Pengujian kali ini bertujuan untuk mengetahui nilai efisiensi pada panel surya yang digunakan, dan juga melakukan perbandingan nilai efisiensi panel surya pada setiap kondisi cuaca yang ada pada saat pengujian.

Data yang digunakan pada persamaan 1 adalah daya maksimum pada panel surya, nilai insolasi matahari, luas penampang panel surya. Data daya maksimum didapat dari datasheet panelsurya yang digunakan yaitu 120Wp. Nilai insolasi matahari pada persamaan 1 menggunakan *Standard Test Conditions (STC)*, yaitu 1000 W/m^2 standar tersebut digunakan untuk mengukur kinerja maksimal pada panel surya. Dimensi solar panel yang digunakan $138 \times 52 \times 2,5 \text{ cm}$. Dari data tersebut didapat besar nilai efisiensi dari panel surya yang digunakan pada penelitian kali iniyaitu 16,73%.



Gambar 5. Grafik Efisiensi Panel Surya

Gambar 5 menunjukkan nilai efisiensi panel surya dari setiap kondisi cuaca saat pengujian dilakukan. Untuk nilai efisiensi dari panel surya sendiri sebesar 16,73% sedangkan rata - rata nilai efisiensi yang didapat dari pengujian sebesar 5,07%. Perbandingan dari dua nilai tersebut jauh berbeda penyebabnya adalah daya maksimum yang dimiliki panel surya. Menurut data *sheet* daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh panel surya sebesar 120W, sedangkan pada saat pengujian rata - rata daya maksimum yang diperoleh sebesar 34,51W. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai daya maksimum panel surya yaitu radiasi matahari, posisi peletakan panel surya, temperatur lingkungan sekitar, dan keadaan atmosfer bumi. Dari keempat faktor tersebut hanya faktor radiasi yang diperhitungkan dalam penelitian kali ini (Widiharsa, 2006). Dapat disimpulkan bahwa perbedaan nilai efisiensi panel surya sebenarnya dengan saat pengujian terjadi karena faktor yang tidak diperhitungkan.

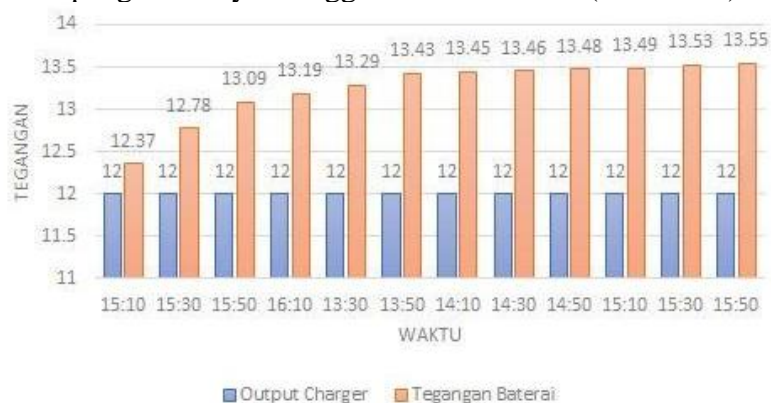
3) Hasil Pengujian Pengisian Daya pada Baterai Menggunakan Panel Surya

Pengujian pengisian daya pada baterai dari listrik PLN 220V bertujuan untuk mengetahui seberapa optimal sistem portabel energi ketika melakukan pengisian menggunakan arus listrik PLN 220V. Hal ini dikarenakan arus listrik PLN 220V sebagai sumber penghasil energi selain dari panel surya pada sistem portabel energi.

Tabel 2. Hasil Pengujian Pengisian Daya Baterai Dari Listrik PLN 220V

Hari/Jam	Output Charger	Baterai
	Tegangan (V)	Tegangan (V)
Senin, 15.10	12 V	12,37
Senin, 15.30	12 V	12,78
Senin, 15.50	12 V	13,09
Senin, 16.10	12 V	13,19
Selasa, 13.30	12 V	13,29
Selasa, 13.50	12 V	13,43
Selasa, 14.10	12 V	13,45
Selasa, 14.30	12 V	13,46
Selasa, 14.50	12 V	13,48
Selasa, 15.10	12 V	13,49
Selasa, 15.30	12 V	13,53
Selasa, 15.50	12 V	13,55

Pada Tabel 2 berisikan hasil pengujian pengisian daya baterai menggunakan arus listrik PLN 220V, pada tabel tersebut berisikan 12 sampel data. Dimana pada data tersebut untuk *output charger* memiliki tegangan yang telah stabil yaitu 12 V, karena *charger* tersebut telah diseting sesuai dengan baterai yang digunakan. Jika dilihat dari tegangan baterai maka pengisian daya baterai dengan menggunakan arus listrik PLN 220V cenderung lebih cepat. Selain itu dapat dilihat gambar grafik yang diperoleh dari hasil pengisian daya menggunakan arus PLN (AC to DC).



Gambar 6. Grafik Efisiensi Panel Surya

Pada Gambar 6 berisikan grafik pengisian daya dari listrik PLN. Pada grafik tersebut menampilkan data pengisian daya dengan kelipatan 10 menit. Ketika baterai hampir terisi penuh maka sistem akan cenderung menahan arus yang masuk, hal tersebut dilakukan karena telah mencapai batas atas baterai dan untuk memperpanjang umur baterai. *Charger* yang digunakan dalam pengisian baterai ini memiliki spesifikasi *output* tegangan DC 12/24V, *output* arus DC 10A. Dari spesifikasi tersebut berarti *charger* baterai dapat menghasilkan daya sebesar 120Watt untuk mengisi energi.

Pengujian dilakukan dalam dua hari yaitu hari pertama selama 1 jam 20 menit dengan total daya yang dihasilkan 160,8Wh, kemudian dilanjutkan kembali hari kedua selama 2 jam 20 menit dengan

total daya yang dihasilkan 280,8Wh. Dapat dikalkulasi dari jumlah energi yang sudah terisi selama pengujian yaitu 441,6Wh selama 3 jam 40 menit. Dapat disimpulkan bahwa ketika pengisian yang dilakukan menggunakan *charger* pada baterai yang memiliki kapasitas 75Ah dari baterai dalam keadaan tegangan batas bawah 10V sampai menyentuh batas atas baterai 14,5V, memerlukan waktu 7 jam 30 menit. pada pengisian baterai menggunakan arus listrik PLN tegangan yang masuk yaitu 12Volt. Dengan menggunakan arus listrik PLN sistem pengisian daya menjadi lebih cepat daripada menggunakan panel surya. Hal ini dikarenakan tegangan yang masuk ke baterai ketika menggunakan arus listrik PLN cenderung lebih stabil.

4) Hasil Pengujian Pemberian beban pada Sistem Portabel Energi

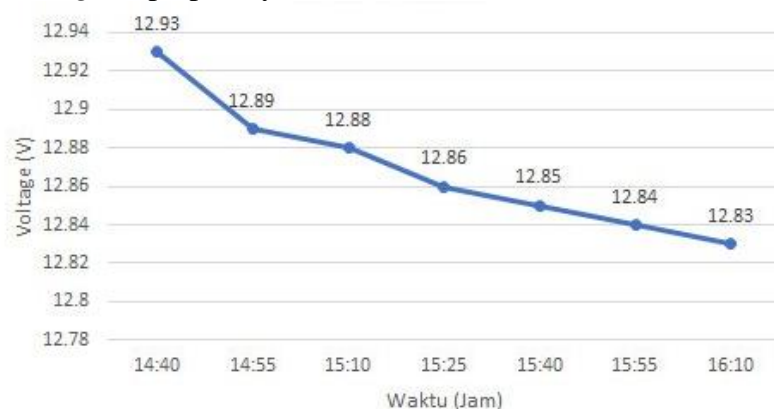
Pengujian pemberian beban pada sistem portabel energi bertujuan untuk mengetahui seberapa optimal sistem portabel energi ketika diberi beban sebagaimana mestinya. Hal ini dilakukan untuk menghitung kapasitas maksimal yang bisa digunakan. Dalam melakukan pengujian peneliti juga membandingkan dengan hasil perhitungan sesuai dengan spesifikasi.

Tabel 3. Hasil Pengujian Beban pada Sistem Portabel Energi

Beban		Hasil					
Jenis	Total daya beban	Jam (WIB)	Ampere (A)	Voltase Baterai (V)	Watt (W)	Watt Hour (WH)	Ampere Hour (Ah)
Air Purifier dan charger Laptop	113 Watt	14.40	3,12	12,93	40,3	13,5	1,063
		14.55	3,11	12,89	48,4	24,6	1,931
		15.10	3,75	12,88	48,3	35,3	2,768
		15.25	3,77	12,86	48,4	48,4	3,696
		15.40	3,64	12,85	46,7	58,1	4,573
		15.55	3,68	12,84	47,2	70,2	5,523
		16.10	3,61	12,83	46,3	79,9	6,290

Tabel 3 berisikan hasil pengujian beban pada sistem portabel energi, pada tabel tersebut berisikan 13 sampel data dengan dua jenis percobaan. Pada uji coba pertama dengan tujuh sampel menggunakan beban dengan total daya 113Watt. Dalam waktu 1,5 jam tersebut menggunakan 79,9Watt hour dan 6,29 Ampere Hour. Pada uji coba kedua dengan enam sampel menggunakan beban dengan total daya 218Watt. Dalam waktu satu jam lima belas menit tersebut menggunakan 164,5Watt hour dan 13,076 Ampere Hour. maka dari itu hasil yang diperoleh bergantung dengan daya total yang digunakan. Selain itu dapat dilihat gambar grafik diperoleh dari pengujian beban pada sistem portable energi dengan dua total beban yang berbeda.

- Air purifier dan charger laptop (Daya total 113Watt)

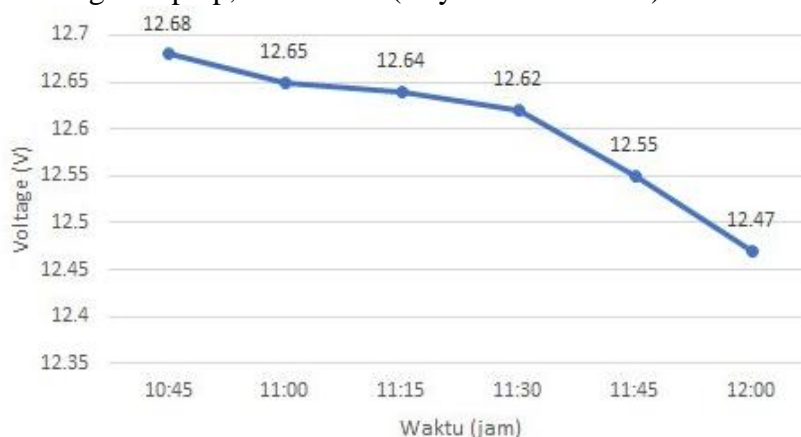


Gambar 7. Indikator Voltase pada Baterai

Gambar 7 tegangan pada baterai. Pengujian yang dilakukan pada hari pertama, menggunakan beberapa alat elektronik antara lain *air purifier* dan *charger laptop*. Masing-masing alat elektronik tersebut memiliki kebutuhan daya yang berbeda-beda untuk mengoperasikannya. Pada *air purifier* membutuhkan daya 48Watt sedangkan pada *charger laptop* membutuhkan 65Watt, sehingga total daya yang dibutuhkan yaitu 113Watt.

Kondisi saat pengujian tegangan awal baterai sebesar 12,93V dengan energi yang tersisa sebesar 640,8Wh, untuk kapasitas 53,4 Ah dengan persentase baterai 71,2%. Pengujian dilakukan selama 1 jam 30 menit untuk energi yang telah digunakan sebesar 79,9Wh dan kapasitas baterai yang digunakan sebesar 6,290Ah. Dengan perhitungan yang dilakukan serta melihat data pengujian yang di dapat, dengan daya konsumsi 113Watt dapat menghabiskan kapasitas energi dalam baterai yang tersisa selama 5 jam penggunaan. Apabila kondisi baterai dalam keadaan penuh dengan energi kapasitasnya sebesar 900Wh, maka penggunaan daya sebesar 113Watt membutuhkan waktu 7 jam 58 menit untuk menghabiskan energi pada baterai.

- Air purifier, dua charger Laptop, dan Solder (Daya total 218Watt)



Gambar 8. Indikator Voltase pada Baterai

Gambar 8 tegangan pada baterai. Dalam pengujian kedua, dilakukan dengan menggunakan alat elektronik diantaranya *air purifier*, dua *charger laptop*, dan solder. Daya konsumsi *air purifier* 48Watt, *charger laptop* 65 watt, dan solder 40Watt. Maka total daya konsumsi untuk menghidupkan semua alat elektronik tersebut sebesar 218Watt. Pengujian berlangsung selama 1 jam 15 menit dengan kondisi tegangan awal pada baterai sebesar 12,68V dengan energi yang tersisa 602,1Wh dan kapasitas sebesar 50,17Ah untuk persentase baterai 66,90%. Dalam pengujian mendapat data energi yang telah digunakan sebesar 164,5Wh dan kapasitas baterai yang telah digunakan 13,076Ah. Dengan perhitungan yang dilakukan serta melihat data pengujian yang di dapat, daya konsumsi 218Watt dapat menghabiskan kapasitas energi dalam baterai yang tersisa selama 3 jam 16 menit penggunaan. Apabila kondisi baterai dalam keadaan penuh dengan energi kapasitasnya sebesar 900Wh, maka penggunaan daya sebesar 218Watt membutuhkan waktu kurang lebih 4 jam untuk menghabiskan energi pada baterai. Kemudian tegangan pada baterai akan terus terkuras, sesuai dengan daya yang digunakan.

5) Hasil Pengujian sistem IoT Portabel Energi

Pengujian sistem IoT pada sistem portabel energi bertujuan untuk memonitoring arus, tegangan, dan daya secara langsung dari sistem portabel energi ketika sedang beroperasi. Hal ini dilakukan untuk memudahkan pengguna dalam melakukan monitoring secara langsung melalui *smartphone*. Berikut hasil yang didapatkan dari hasil pengujian diperlihatkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Pengujian Beban pada Sistem Portabel Energi

Indikator	INA 219			Keterangan	PZEM 004 T			Keterangan
	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)		Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)	
Berfungsi	√	√	√	Indikator Tegangan, Arus, dan Daya berfungsi sebagaimana mestinya.	√	√	√	Indikator Tegangan, Arus, dan Daya berfungsi sebagaimana mestinya.
Tidak	-	-	-		-	-	-	

Pada sistem portabel energi, pada tabel tersebut berisikan pengujian dari sensor INA 219 dan PZEM 004T. Dimana kedua sensor tersebut dapat berjalan sesuai dengan fungsinya.

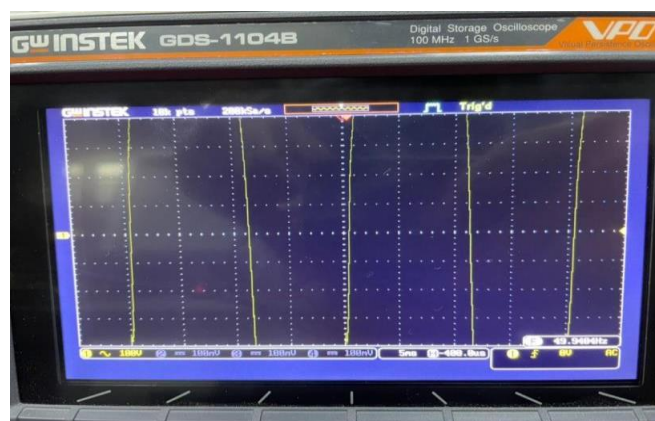


Gambar 9. Pengujian IoT pada Sistem

Pada Gambar 9 merupakan hasil dari sistem IoT yang ada pada sistem portabel energi. Dimana pada keluaran listrik DC sebesar 5VDC, dan untuk keluaran listrik AC yaitu sebesar 223,7V. Sistem diberikan beban berupa *charger station* dengan daya keluaran sebesar 7,1Watt.

6) Hasil Pengujian Inverter

Pengujian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui bagaimana sistem inverter bekerja dan gelombang keluaran yang dihasilkan. Inverter menurut jenis gelombang keluarannya dibagi menjadi 3 yaitu *square wave*, *modified wave* dan *pure sine*. Dari ketiga jenis gelombang keluaran tersebut yang paling baik adalah *pure sine*, sebab gelombang dan frekuensi yang dihasilkan hampir menyerupai gelombang sinusoidal jaringan listrik pada PLN. Gambar 10 merupakan hasil pengujian inverter.



Gambar 10. Gelombang Inverter

Pada Gambar 10 merupakan hasil dari pengujian gelombang keluaran pada inverter 1kW yang digunakan pada sistem alat. Dalam gambar tersebut menunjukkan bentuk gelombang yaitu sinusoidal dengan frekuensi 50 Hz yang mendekati gelombang jaringan listrik PLN. Maka dapat disimpulkan bahwa inverter yang digunakan berupa inverter PSW (*Pure Sine Wave*). Penggunaan teknologi PWM (*Pulse Width Modulation*) pada inverter sehingga dapat mengubah tegangan DC menjadi AC dengan bentuk gelombang hampir menyerupai sinusoidal. Sehingga tegangan *output* pada inverter cocok untuk digunakan pada semua alat elektronik.

7) Sosialisasi Penggunaan alat

Berikut beberapa dokumentasi kegiatan sosialisasi dan penyerahan alat kepada BPBD DIY, ditunjukkan pada Gambar 11-14. Kegiatan ini bertujuan untuk mendemokan cara penggunaan alat, perawatan dan *maintenance*. Hasil dari kegiatan ini pihak BPBD DIY dapat mengoperasikan alat dengan baik, memahami prinsip dasar kerja alat, cara perawatan alat dan *maintenance* dasar untuk menjaga performa alat.



Gambar 11. Penyerahan Alat Portabel Energi



Gambar 12. Sosialisasi Penggunaan Alat



Gambar 13. Sosialisasi Hasil Analisis Kinerja Alat (1)



Gambar 14. Sosialisasi Hasil Analisis Kinerja Alat (2)

5. Kesimpulan

Portabel energi merupakan sebuah sistem yang memanfaatkan sumber energi dari alam khususnya pada sinar matahari. Sistem ini dirancang untuk memenuhi kebutuhan listrik ketika terjadinya keadaan darurat misalnya bencana alam. Memiliki spesifikasi, berupa panel surya lipat yang berspesifikasi 120 Wp dengan kapasitas penyimpanan daya pada baterai LiFePO4 sebesar 75Ah (900Watt), memiliki dimensi 60x40x30 CM, dan berat sebesar 25 kilogram. Portabel energi dibekali dengan fitur-fitur yang memudahkan pengguna dalam memonitoring. Fitur-fitur yang tersedia yaitu, Baterai indikator, DC watt meter, Stop Kontak AC, USB slot 5V DC, dan USB slot 12V. Hasil pengujian terhadap kinerja alat menunjukkan alat memiliki kemampuan yang baik dalam uji

pengisian daya dan kemampuan *discharge* serta memiliki efisiensi tinggi dalam penggunaan energi. Dari hasil sosialisasi cara kerja alat, pengoperasian alat, dan *maintenance* alat peserta mendapatkan pengetahuan baru mengenai sumber energi alternatif berbasis panel surya yang menjadi solusi untuk sumber energi listrik pada saat bencana.

Daftar Pustaka

- Adam, L. (2016). DINAMIKA SEKTOR KELISTRIKAN DI INDONESIA: KEBUTUHAN DAN PERFORMA PENYEDIAAN. *Jurnal Ekonomi dan Pembangunan*, 24(1), 29–41.
- Amri, Mohd. R., Yulianti, G., Yunus, R., Wiguna, S., W. Adi, A., Nur Ichwana, A., Evans Randongkir, R., & Tri Septian, R. (2016). *Resiko Bencana Indonesia*. BNPB.
- Ikhsan, M. R., Rizali, M., & Hidayah, N. (2023). *SEL SURYA SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PASCA BENCANA*. 2(1).
- Lesmana, A. D., Hartman, ohul R. M., Wahyuningtyas, A., & Irzaman, I. (2019). TEDAPIS (TENDA DARURAT PINTAR BERTENAGA PANEL SURYA) SEBAGAI SOLUSI PENYEDIAAN ENERGI LISTRIK BAGI KORBAN BENCANA ALAM. *PROSIDING SEMINAR NASIONAL FISIKA (E-JOURNAL) SNF2019 UNJ*, SNF2019-PA-107–114. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.15>
- Nazaruddin, M. (2017). Jurnalisme Bencana di Indonesia, Setelah Sepuluh Tahun. *Jurnal Komunikasi*, 10(1), 79–88.
- Prasetyo, B. (2018). *ANALISIS PENGARUH INTENSITAS MATAHARI, SUHU PERMUKAAN & SUDUT PENGARAH TERHADAP KINERJA PANEL*. 14(3), 78–85.
- Purwoto, B. hari, Jatmiko, J., Alimul, M., & Huda, I. F. (2018). Efisiensi Penggunaan Panel Surya Sebagai Sumber Energi Alternatif. *Jurnal Teknik Elektro*, 18(01).
- Rahmat, H. K., Sari, F. P., Hasanah, M., Pratiwi, S., Ikhsan, A. M., Rahmanisa, R., Pernanda, S., & Fadil, A. M. (2020). *UPAYA PENGURANGAN RISIKO BENCANA MELALUI PELIBATAN PENYANDANG DISABILITAS DI INDONESIA: SEBUAH TINJAUAN KEPUSTAKAAN*. 6(2).
- Ramadhan, D. W. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Portable Tenaga Surya dan Angin Dengan Sistem Hybrid Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam. *ALINIER: Journal of Artificial Intelligence & Applications*, 1(2), 85–93. <https://doi.org/10.36040/aliner.v1i2.2972>
- Ramadhan, D. W., Nakhoda, Y. I., & Agustini, N. P. (2020). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Portable Tenaga Surya dan Angin Dengan Sistem Hybrid Untuk Tempat Pengungsian Bencana Alam. *ALINIER*, 1(2).
- Setyono, A. E., & Kiono, B. F. T. (2021). Dari Energi Fosil Menuju Energi Terbarukan: Potret Kondisi Minyak dan Gas Bumi Indonesia Tahun 2020 – 2050. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 2(3), 154–162. <https://doi.org/10.14710/jebt.2021.11157>
- Sukma Wahyuni, E., Mubarak, H., Nur Budiman, F., & Wahyu Pratomo, S. (2020). Pemanfaatan Energi Terbarukan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya Berbasis Komunitas: Menuju Desa Mandiri Energi. *Engagement: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(2). <https://doi.org/10.29062/engagement.v4i2.181>
- Widiharsa, F. A. (2006). *KARAKTERISTIK PANEL SURYA DENGAN VARIASI INTENSITAS RADIASI DAN TEMPERATUR PERMUKAAN PANEL*. 4, 232–242.
- Yudiartono, Y., Windarta, J., & Adiarso, A. (2022). Analisis Prakiraan Kebutuhan Energi Nasional Jangka Panjang Untuk Mendukung Program Peta Jalan Transisi Energi Menuju Karbon Netral. *Jurnal Energi Baru dan Terbarukan*, 3(3), 201–217. <https://doi.org/10.14710/jebt.2022.14264>